

CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACIONES POTENCIALES MENSUALES EN BALEARES POR EL METODO DE LINACRE.

por José A. Guijarro

Centro Meteorológico de Baleares
Palma de Mallorca

1. INTRODUCCION.

Desde hace tiempo preocupa la determinación de la evaporación debido a su gran importancia en gran número de aplicaciones prácticas. Dos dificultades mayores son las que se encuentran al intentar cuantificarla: lo problemático de su tipificación, debido a las variaciones que sufre según el problema concreto de que estemos tratando, y lo difícil de su determinación, precisándose medidas muy especializadas que se realizan en pocos observatorios. Por ello no es de extrañar la multitud de métodos y fórmulas teóricas o empíricas que se han descrito para intentar aproximarse a la solución del problema, en un difícil equilibrio entre la exactitud (que precisa de delicadas mediciones) y la generalización de los resultados (que demanda una densa red espacial de datos).

Recientemente Linacre (3) ha desarrollado una fórmula a partir de la de Penman, estimando los distintos términos de la misma por correlaciones con parámetros termométricos, con lo que se puede aplicar a gran número de estaciones climatológicas. Las fórmulas a que llega son, para la evaporación desde una superficie libre de agua:

$$E = (700 \cdot T_m / (100 - A) + 15(T - T_d)) / (80 - T)$$

Y para la evapotranspiración potencial, la misma sin más que sustituir el coeficiente 700 por un nuevo valor de 500. El resultado viene expresado en mm/día, y el significado de los símbolos es el siguiente:

T_m : Temperatura media reducida al nivel del mar, aplicando un gradiente vertical medio de 0,6 grados C/100 m.

A : Latitud en grados.

T : Temperatura media (grados C).

T_d : Punto de rocío medio. Cuando no se dispone de los valores del punto de rocío se propone la estimación de $T - T_d$ en función de la oscilación termométrica media, para lo que se dan una tabla y una fórmula empíricas.

El contraste de estas fórmulas lo realiza el propio Linacre por comparación de los datos calculados con mediciones de evaporación realizadas en diferentes climas y épocas del año, y compara los errores con los cometidos al aplicar las fórmulas de Penman y Thornthwaite. Lógicamente el error medio disminuye al aumentar el periodo sobre el que se calcula el promedio. Así, para un año resulta ser de 0,1–0,4 mm/día, para un mes 0,3–1,0 mm/día, para una semana 0,8–0,9 mm/día, y para un día 1,4–1,9 mm/día. Estos errores no se pueden determinar con mucha exactitud debido a los propios inherentes al método de medida de la evaporación: cuando se disponía de medidas realizadas por dos métodos diferentes, éstas diferían entre sí del orden de 1 mm/día para periodos de pocas horas, y 0,4 mm/día para medias mensuales.

En cuanto a las fórmulas de Penman y Thornthwaite, la primera daba errores ligeramente inferiores a la de Linacre (0,9 mm/día en lugar de 1,0, y 0,5 en lugar de 0,7 en dos estudios diferentes), mientras que la de Thornthwaite daba errores notablemente superiores, siempre por defecto.

A la vista de estos resultados se pensó que sería interesante aplicar la nueva fórmula al cálculo de las medias mensuales de ETP en Baleares, lo que constituye el objeto de este trabajo.

2. METODO.

Se han recogido todos los datos disponibles de medias mensuales de temperaturas máximas y mínimas de Baleares del período 1.961/78, y se han homogeneizado por el método de las diferencias (2), tomando como estaciones de referencia el aeropuerto de Palma, para Mallorca y Menorca, y el de Ibiza para dicha isla. Se han incluido estaciones incluso con un sólo año de observaciones, pero posteriormente se ha rechazado una de ellas (Mont Blanc) por dar valores excesivamente altos. Además se adjunta a las estaciones anteriores la de La Sabina que, aunque de diferente período (1.940/51), es la única disponible de Formentera (1).

Con los datos homogeneizados de temperaturas medias de las máximas y mínimas se han calculado las medias mensuales de temperatura y oscilación, que han servido para el cálculo de la ETP media mensual. Los datos de oscilación termométrica se han empleado para estimar $T - T_d$ por medio de la tabla dada por Linacre. Para la latitud se han tomado los valores: 39 grados para Ibiza y Formentera, 39,5 grados para Mallorca, y 40 grados para Menorca.

3. RESULTADOS.

Los resultados se resúmen en la tabla adjunta, en la que para cada estación (con un orden de norte a sur, aproximadamente) se expresan la altitud h , el número de años de funcionamiento durante el período 1.961/78, y los valores anuales y mensuales medios de temperatura, oscilación y ETP, todos referidos al período 1.961/78 (excepto para La Sabina).

Además se incluye una mapa en el que se sitúan las estaciones con su número de referencia y se dan los valores medios de ETP (mm/día) de Julio-Agosto y Enero-Febrero, que representan el máximo y mínimo anuales.

4. DISCUSION.

Es de notar el bajo valor de Alfabia (no. 12 del mapa) que no se corresponde con las altas evaporaciones registradas con el evaporímetro Piché: 8,9 mm. de media diaria en Julio-Agosto. El hecho de que esta estación esté situada en una cima a más de 1.000 m. de altitud y expuesta a todos los vientos hace que la oscilación termométrica sea anormalmente baja y no refleje bien la baja humedad relativa reinante, que se estima a partir de aquélla. Al mismo tiempo el propio viento, notable en esta estación, no se refleja en la fórmula más que de un modo implícito asumiendo un valor medio constante de 2,25 m/s para todas las estaciones (3), por lo que en aquéllas en que el viento alcanza valores superiores se subestima su efecto.

Esto mismo parece suceder con las estaciones de Menorca y Formentera, también con vientos notables, en las que los valores obtenidos parecen inferiores a los que cabría esperar.

Después de estos comentarios las cortas diferencias que se observan en el mapa se reducen todavía más, y quedan dentro del margen de error probable, por lo que se ha omitido el trazado de isolíneas. Diferencias relativamente pequeñas obtienen también Miró-Granada (4) y Saura (5) con el método de Thornthwaite (desviaciones típicas del 8 y 5 o/o del valor medio) por lo que la ETP aparece como un elemento climático con poca variación espacial a escala mesoclimática, si bien son de suponer variaciones del mismo orden o superiores al considerar una escala microclimática, actuando como factores principales la exposición al viento y la insolación. De la importancia de las condiciones microclimáticas nos dan idea los valores de las dos estaciones de Sóller, unificadas en el mapa en una sola "estación media" y que a pesar de estar separadas sólo un centenar de metros presentan diferencias significativas.

5. CONCLUSION.

El método presenta pues las lógicas limitaciones debidas a las simplificaciones introducidas, pero no obstante los valores a que da lugar son más realistas que los que se obtienen por el método de Thornthwaite y deben permitir una mejor evaluación del consumo de agua que cabe esperar en las explotaciones agrícolas de regadío.

NOTAS

1. GAYA, C. (1.976). *Climatología de Baleares. Temperaturas*. S.M.N., A-71.
2. JANSÁ, J.M. (1.969). *Curso de climatología*. S.M.N., B-19.
3. LINACRE, E.T. (1.977). *A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone*. Agric. Met., 18: 409-424.
4. MIRO-GRANADA, J. (1.974). *El clima de Baleares. Contribución a su conocimiento*. (Inédito).
5. SAURA, F. (1.977). *El déficit hídrico del sudeste español*. Boletín de la A.M.E. Dic. 1.977. Pag. 18-23.

VALORES DE TEMPERATURA MEDIA (T, en grados C), OSCILACION TERMOMETRICA MEDIA (O, en grados C),
Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL CALCULADA MEDIA (ETP, en mm/día).

	Año	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	1	Ciudadela					h. 33 m.			(12 años)			
T	18,0	11,8	12,2	12,8	15,2	18,4	22,1	25,4	25,8	23,6	19,7	15,5	13,0
O	6,2	5,6	5,2	6,4	6,4	6,8	7,4	7,2	7,2	6,4	5,8	5,4	4,8
ETP	3,33	2,1	2,2	2,3	2,7	3,5	4,2	5,0	5,1	4,3	3,5	2,7	2,3
	2	Mercadal					h. 90 m.			(13 años)			
T	17,3	11,1	11,6	12,3	14,5	17,8	21,2	24,7	24,8	22,7	19,2	15,1	12,2
O	6,6	5,8	6,0	7,0	7,4	7,6	7,6	7,4	6,8	6,2	6,0	6,2	5,4
ETP	3,35	2,1	2,1	2,5	2,8	3,7	4,4	5,2	4,9	4,2	3,4	2,7	2,2
	3	S'Albaida					h. 105 m.			(2 años)			
T	16,8	11,3	11,5	12,1	14,6	18,2	20,8	24,1	23,4	21,4	18,2	14,9	11,5
O	5,8	3,4	4,2	5,4	6,4	7,6	7,2	6,6	5,6	6,8	6,8	4,2	5,4
ETP	3,20	2,1	2,1	2,2	2,6	3,5	4,0	4,8	4,6	4,2	3,5	2,7	2,1
	4	Mahón					h. 45 m.			(10 años)			
T	16,5	10,6	10,5	11,5	13,5	17,3	20,8	24,0	24,2	22,0	18,3	13,9	11,4
O	8,0	6,8	7,4	7,8	8,2	8,2	9,2	9,2	8,8	8,0	7,4	7,8	6,8
ETP	3,38	2,2	2,2	2,3	2,6	3,5	4,2	5,2	5,3	4,5	3,5	2,7	2,3
	5	Mahón (Aeropuerto)					h. 80 m.			(8 años)			
T	16,9	11,0	11,3	11,8	14,1	17,3	21,0	24,3	24,5	22,5	18,5	14,7	11,9
O	6,4	5,6	5,8	6,4	6,6	7,0	7,2	7,4	7,0	7,0	6,2	5,4	5,4
ETP	3,22	2,0	2,1	2,2	2,8	3,3	4,1	4,8	4,8	4,4	3,3	2,6	2,2
	6	San Luis					h. 60 m.			(6 años)			
T	17,3	11,0	11,1	12,2	14,7	18,0	21,8	25,3	25,4	22,9	18,9	14,9	11,8
O	6,6	5,6	5,8	6,0	6,6	6,8	7,2	7,8	7,6	7,4	6,6	5,4	5,6
ETP	3,33	2,0	2,0	2,2	2,8	3,4	4,2	5,3	5,3	4,4	3,6	2,6	2,1
	7	Pollensa (Base Hidros)					h. 3 m.			(18 años)			
T	16,6	10,6	10,9	11,7	13,8	17,1	20,8	24,1	24,3	22,2	18,3	14,1	11,7
O	8,4	8,0	7,8	8,6	8,8	9,4	9,2	9,4	8,6	8,8	8,2	8,2	7,0
ETP	3,43	2,1	2,2	2,3	2,9	3,4	4,2	5,4	5,2	4,7	3,7	2,7	2,3
	8	Alcudia (Butano)					h. 15 m.			(6 años)			
T	18,0	12,1	12,4	13,2	15,4	18,8	22,1	25,7	25,6	23,2	19,4	15,5	12,5
O	7,6	6,2	6,4	7,2	7,2	8,0	9,0	9,0	9,2	8,0	8,4	6,6	7,0
ETP	3,65	2,1	2,2	2,5	2,9	3,8	4,7	5,9	5,8	4,7	3,9	2,9	2,4

(Continuación).

	9	Sant. de Lluç					h. 490 m.			(11 años)			
T	13,3	6,5	7,2	7,8	10,7	14,7	18,2	21,5	21,8	18,7	14,5	10,1	7,8
O	9,6	8,6	8,4	9,6	9,4	9,8	10,8	11,8	11,6	10,6	9,0	9,0	7,2
ETP	3,33	1,7	2,0	2,1	2,5	3,4	4,5	5,8	5,6	4,6	3,3	2,4	2,1
	10	Son Torrella					h. 845 m.			(6 años)			
T	12,7	6,6	6,7	7,9	9,9	13,7	17,1	21,1	20,8	18,0	13,5	9,8	7,1
O	10,2	7,2	7,0	6,6	8,6	11,0	12,6	14,6	14,4	13,6	11,0	7,6	7,4
ETP	3,64	1,9	1,9	2,1	2,6	3,7	4,8	6,5	6,4	5,3	3,7	2,6	2,2
	11-a	Sóller I					h. 40 m.			(11 años)			
T	17,8	11,1	11,8	12,7	15,4	19,0	22,7	25,9	25,8	23,2	19,1	14,8	11,9
O	8,4	7,0	7,2	8,6	8,8	8,8	9,0	9,4	9,6	9,6	8,6	7,2	6,6
ETP	3,81	2,2	2,3	2,5	3,2	3,8	4,9	6,2	6,2	5,3	3,9	2,8	2,4
	11-b	Sóller II					h. 40 m.			(10 años)			
T	17,0	10,2	11,0	12,0	14,9	18,2	21,8	25,0	24,9	22,4	18,1	14,0	11,1
O	8,0	7,2	7,2	8,8	8,6	8,4	8,8	9,2	9,0	8,4	7,8	6,8	6,6
ETP	3,56	2,1	2,2	2,4	3,1	3,7	4,7	5,7	5,7	4,5	3,7	2,7	2,2
	12	Alfàbia					h. 1020 m.			(8 años)			
T	11,3	4,9	5,0	6,2	8,6	12,4	16,0	19,8	19,6	16,5	12,1	8,3	5,6
O	4,4	2,6	3,6	4,0	4,4	5,6	6,0	6,4	6,4	4,2	4,2	2,6	3,2
ETP	2,82	1,8	1,8	2,0	2,3	2,9	3,6	4,3	4,3	3,7	2,9	2,3	1,9
	13	Son Vidal					h. 455 m.			(2 años)			
T	13,8	7,8	8,8	9,1	11,5	14,7	18,6	21,8	21,1	18,3	14,7	11,0	8,2
O	9,8	7,2	7,6	7,4	8,6	10,2	10,8	15,6	12,2	11,8	10,6	6,4	8,0
ETP	3,50	2,0	2,2	2,2	2,6	3,4	4,6	6,6	5,6	4,8	3,6	2,3	2,1
	14	Muro					h. 60 m.			(5 años)			
T	18,1	11,8	11,8	13,1	15,2	18,9	23,0	26,7	26,6	23,7	19,1	15,1	12,0
O	7,2	6,8	6,4	7,4	6,8	7,4	7,6	7,8	7,2	7,8	7,4	6,2	6,8
ETP	3,61	2,4	2,4	2,6	2,9	3,8	4,7	5,6	5,3	4,9	3,6	2,7	2,4
	15	Inca					h. 130 m.			(17 años)			
T	17,2	10,3	10,6	11,9	14,4	18,2	22,1	25,7	25,9	23,1	18,9	14,0	11,3
O	10,2	8,6	9,2	9,8	10,4	11,6	11,8	12,6	11,8	10,6	9,8	8,4	7,6
ETP	4,10	2,2	2,2	2,6	3,1	4,5	5,6	7,1	7,1	5,6	4,1	2,8	2,3
	16	Buñola					h. 220 m.			(16 años)			
T	17,1	10,4	11,0	11,9	14,4	18,0	21,9	25,5	25,4	22,8	18,5	14,2	11,3
O	8,8	7,2	7,2	8,6	9,2	10,0	10,6	11,0	10,4	9,6	8,2	7,2	6,6
ETP	3,88	2,3	2,3	2,5	3,1	4,0	5,1	6,5	6,2	5,3	3,9	2,9	2,4

(Continuación).

	17	Son Puig					h. 220 m.			(1 año)			
T	16,0	9,8	10,6	11,1	13,2	16,6	20,0	24,4	24,5	21,8	17,3	12,7	10,2
O	11,0	8,8	8,4	9,4	10,0	10,4	13,2	15,2	14,6	13,2	9,8	9,4	9,2
ETP	4,03	2,2	2,3	2,4	2,9	3,8	5,2	7,3	7,4	5,9	3,9	2,8	2,2
	18	La Cabaneta					h. 150 m.			(3 años)			
T	17,5	10,5	11,4	13,2	15,3	19,1	22,1	25,3	25,7	22,9	18,4	14,5	11,2
O	8,6	6,2	7,6	8,8	9,4	9,8	10,6	11,0	9,8	9,4	8,0	5,8	7,2
ETP	3,88	2,0	2,4	2,9	3,2	4,2	5,4	6,4	6,3	5,0	3,8	2,6	2,3
	19	Son Bonet					h. 40 m.			(7 años)			
T	17,7	11,1	11,8	12,6	14,9	18,4	22,0	25,2	25,7	23,3	19,5	15,1	12,2
O	9,2	8,6	8,8	9,6	9,0	9,6	9,6	10,4	10,2	9,4	9,4	8,6	8,0
ETP	3,83	2,2	2,3	2,7	3,1	4,0	5,0	6,0	6,2	5,0	3,9	3,1	2,4
	20	Pont d'Inca					h. 35 m.			(10 años)			
T	16,5	9,8	9,9	11,1	13,9	17,5	21,3	24,9	24,8	22,5	18,3	13,6	10,8
O	10,2	9,2	9,8	10,2	10,2	10,2	11,4	11,8	10,8	10,2	9,4	9,6	8,8
ETP	3,73	2,0	2,0	2,4	2,9	3,8	5,1	6,5	6,2	5,1	3,7	2,8	2,2
	21	Urania					h. 30 m.			(3 años)			
T	17,5	11,7	12,8	13,4	15,0	18,0	21,7	24,7	24,7	22,5	18,8	15,0	11,8
O	7,4	6,6	6,8	7,2	6,4	8,0	8,2	9,0	8,2	7,8	7,6	6,0	6,8
ETP	3,50	2,3	2,5	2,6	2,9	3,6	4,4	5,3	5,1	4,6	3,8	2,6	2,3
	22	Palma					h. 15 m.			(18 años)			
T	17,4	10,8	11,3	12,5	14,9	18,4	22,0	25,2	25,5	23,2	18,8	14,4	11,9
O	7,6	6,4	6,6	7,8	8,2	8,4	8,4	8,8	8,6	8,4	7,2	6,4	5,8
ETP	3,47	2,0	2,2	2,4	3,1	3,7	4,4	5,5	5,5	4,7	3,5	2,5	2,1
	23	Palma (Aeropuerto)					h. 10 m.			(18 años)			
T	16,0	9,6	9,9	10,6	13,2	16,8	20,5	23,7	24,1	21,6	17,6	13,3	10,6
O	11,0	10,4	10,6	11,2	11,2	11,2	11,4	12,2	11,8	11,2	10,8	10,6	9,6
ETP	3,71	2,0	2,0	2,3	3,0	3,6	4,9	6,2	6,3	5,1	4,0	3,0	2,1
	24	Manacor					h. 80 m.			(16 años)			
T	16,8	9,9	10,6	11,8	14,3	17,8	21,5	24,7	25,3	22,5	18,4	14,0	10,8
O	9,4	8,2	8,4	8,8	9,4	10,4	10,6	11,8	10,6	9,4	8,8	8,4	7,6
ETP	3,73	2,1	2,2	2,4	3,0	3,9	4,9	6,5	6,1	5,1	3,7	2,7	2,2
	25	El Arenal					h. 30 m.			(10 años)			
T	17,7	10,4	11,1	13,0	16,1	19,3	22,7	25,8	25,9	23,5	19,0	14,0	11,2
O	8,4	6,8	8,2	10,4	11,0	9,8	8,6	8,4	7,8	7,8	7,6	6,8	6,8
ETP	3,67	2,1	2,2	2,7	3,5	4,1	4,9	5,6	5,4	4,8	3,8	2,7	2,2

(Continuación)

	26	Llucmajor					h. 155 m.			(15 años)			
T	16,3	9,2	9,8	10,8	13,6	17,4	21,5	24,9	25,0	22,0	17,9	13,2	10,1
O	9,2	7,2	7,6	8,8	10,0	11,6	11,4	11,8	10,8	9,6	8,2	7,2	6,6
ETP	3,74	2,0	2,1	2,3	2,9	4,1	5,2	6,6	6,1	5,1	3,7	2,6	2,2
	27	Campos					h. 22 m.			(11 años)			
T	16,3	9,8	10,5	11,3	13,4	17,4	20,9	24,0	24,3	21,9	17,8	13,4	10,8
O	11,4	10,8	11,0	11,8	11,2	11,2	12,2	12,4	11,8	11,4	11,2	10,8	10,4
ETP	3,82	2,0	2,1	2,5	3,0	4,0	5,2	6,2	6,3	5,2	4,1	3,0	2,2
	28	Salinas de Levante					h. 5 m.			(18 años)			
T	16,2	9,5	9,9	11,0	13,3	17,1	20,8	24,1	24,5	22,1	18,2	13,3	10,7
O	11,4	11,4	11,4	12,0	12,2	12,8	11,6	12,2	11,4	11,4	10,8	11,0	10,6
ETP	3,80	2,0	2,0	2,6	3,2	4,2	4,9	6,2	6,1	5,2	4,1	3,0	2,1
	29	San Miguel					h. 150 m.			(4 años)			
T	17,3	12,5	13,0	13,3	15,4	18,9	20,5	22,5	23,2	21,9	18,7	15,4	12,1
O	7,6	6,2	6,0	7,4	8,0	9,0	8,2	9,0	9,6	7,4	7,4	6,8	6,2
ETP	3,51	2,3	2,4	2,6	3,2	3,9	4,2	4,9	5,3	4,5	3,6	3,0	2,2
	30	Faro Covas Blancas					h. 12 m.			(5 años)			
T	17,9	11,9	12,0	13,0	14,7	18,8	21,8	25,5	26,2	23,4	19,6	15,4	12,4
O	7,8	6,6	6,8	7,2	7,8	8,4	9,2	9,0	9,2	8,0	7,2	6,8	6,4
ETP	3,63	2,3	2,3	2,5	2,8	3,8	4,6	5,8	6,0	4,7	3,7	2,9	2,2
	31	Santa Eulalia					h. 25 m.			(6 años)			
T	17,8	11,1	11,8	12,7	14,9	18,8	22,1	25,2	25,7	23,6	19,9	15,4	12,0
O	7,4	6,6	7,2	7,4	7,4	8,0	7,8	7,2	7,0	7,6	7,8	7,2	6,8
ETP	3,49	2,2	2,3	2,5	2,8	3,8	4,4	4,9	5,0	4,8	4,0	2,9	2,3
	32	Ibiza					h. 20 m.			(14 años)			
T	17,1	11,0	11,5	12,3	14,7	17,9	21,0	24,5	24,9	22,9	18,7	14,6	11,7
O	9,4	8,4	8,6	9,8	9,4	9,8	10,4	9,8	9,8	9,8	9,0	9,2	9,0
ETP	3,65	2,2	2,3	2,6	3,0	3,8	4,7	5,5	5,6	5,1	3,7	3,0	2,3
	33	Ibiza (Aeropuerto)					h. 12 m.			(18 años)			
T	17,5	11,7	11,8	12,5	14,6	17,9	21,3	24,6	25,3	23,2	19,4	15,2	12,5
O	7,8	7,0	7,2	7,8	8,0	8,2	8,2	8,4	8,2	8,0	7,6	7,2	6,6
ETP	3,51	2,3	2,3	2,4	2,8	3,6	4,3	5,3	5,2	4,7	3,9	2,9	2,4
	34	La Sabina					h. 5 m.			(1.940/51)			
T	18,2	11,8	12,2	13,8	15,7	18,4	22,3	25,0	25,7	23,9	20,1	16,5	13,1
O	4,8	4,0	4,4	4,4	5,0	4,8	5,4	4,8	5,0	5,0	5,0	5,0	4,6
ETP	3,22	2,1	2,1	2,4	2,7	3,2	4,0	4,5	4,7	4,3	3,5	2,8	2,3

